

① **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 50 176 A 1**

⑥ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 L 31/052**

⑳ Aktenzeichen: 101 50 176.5  
㉔ Anmeldetag: 12. 10. 2001  
㉕ Offenlegungstag: 17. 4. 2003

**DE 101 50 176 A 1**

㉑ Anmelder:  
Laing, Nikolaus Johannes, 71686 Remseck, DE

㉒ Erfinder:  
gleich Anmelder

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

㉓ **Schwimmendes Solarkraftwerk**

㉔ Photovoltaischer Solargenerator, bei dem eine Vielzahl von Konzentratoren zu einer kreisförmigen Fläche zusammengefasst sind und dass die Summe der Konzentratoren auf einer Wasserschicht schwimmt und um die Hochachse verschwenkbar ist und dass die Abführung der Verlustwärme durch gut wärmeleitenden Kontakt der Photovoltaizelle mit einer unter der Oberfläche des Wassers liegenden Wasserschicht erfolgt.

**101 50 176 A 1**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Solarkraftwerke, die refraktive Konzentratoren und Photozellen enthalten und durch Schwenkung um die Hochachse dem Sonnenazimut folgen.

[0002] Schwimmende Solarkraftwerke sind bekannt. Bekannt sind auch Konzentratoren, die als Apertur Fresnellinsen aufweisen und Photozellen enthalten, die an Kühlvorrichtungen die Verlustwärme abgeben. Ein großer Nachteil fast aller Solarkraftwerke ist die Abschattung der benachbarten Module, der Grund für die großen Abstände zwischen den Solargeneratoren, aber auch die Anfälligkeit gegen Stürme, die oft sehr hohe Temperatur der Photozellen, die durch strömungsabhängige Luftkühlelemente verursacht wird und die hohen Kosten der Schwenkgetriebe.

[0003] Die Erfindung vermeidet alle diese Nachteile. Die erfindungsgemäßen Solargeneratoren sind als langgestreckte, konzentrierende Rinnen ausgebildet, deren zur Sonne weisende Seite durch Fresnellinsen abgedeckt ist. Die Rinnen enthalten Formkörper, deren Gewicht eine hinreichende Eintauchtiefe in eine Wasserschicht gewährleistet, wobei Formgebung und Gewichtsverteilung zu einer annähernd stabilen Lage für jede Schräglage innerhalb eines Schwenkwinkels von etwa 60° um die parallel zu den langgestreckten Rinnen verlaufende geometrische Achse führen. Die notwendigen Restkräfte zum Schwenken um jene Achse werden dadurch verschwindend klein. Die Verschwenkung kann mechanisch erfolgen, es ist jedoch auch möglich, die Verschwenkung durch Förderung des Wasserinhaltes einer Kammer in eine gegenüberliegende andere Kammer zu bewirken, wobei der Inhalt der Kammern gleichzeitig das Gewicht zur Sicherstellung der Eintauchtiefe bildet. Die Photozelle ist in einem napfförmigen Vorsprung untergebracht, der bei jedem Schwenkwinkel in der Wasserschicht bleibt, wodurch die Photozelle optimal gekühlt wird. Eine andere Art der Kühlung wird durch ein Wärmerohr erzielt, das gut wärmeleitend mit der Photozelle verbunden ist und dessen Endbereich bei jeder Schräglage in die Wasserschicht eintaucht.

[0004] Da die Verlustwärme der Zellen der Wasserschicht aufgeprägt wird, so dass sich diese erwärmt, sieht die Erfindung vor, dass die Plattform dann, wenn nicht mehr genug Sonnenenergie verfügbar ist, parallel zur jeweiligen Windrichtung geschwenkt wird, so dass die Rinnen in eine Lage gebracht werden, bei der der Wind bis auf die Wasseroberfläche dringt. Zur Verhinderung von Verdampfung ist der Wasserkörper mit Folienstreifen bedeckt oder er wird durch eine dünne Schicht einer hydrophoben, hochsiedenden Flüssigkeit, z. B. Öl vor dem Verdunsten geschützt.

[0005] Die Erfindung soll anhand von Figuren erläutert werden.

[0006] Fig. 1 zeigt einen Vertikalschnitt durch ein Rinnenmodul.

[0007] Fig. 2a zeigt eine Draufsicht auf ein Rinnenmodul.

[0008] Fig. 2b zeigt eine Feinschwenkvorrichtung.

[0009] Fig. 2c zeigt zwei Photozellen, die diese Vorrichtung speisen.

[0010] Fig. 3 zeigt die Wasseroberfläche bei mehreren Schwenkwinkeln.

[0011] Fig. 4 zeigt ein Rinnenmodul mit einem Gewicht.

[0012] Fig. 5 zeigt ein Rinnenmodul mit einem Wärmerohr.

[0013] Fig. 6 zeigt dieses Rinnenmodul in Schräglage.

[0014] Fig. 7 zeigt eine schwimmende Plattform.

[0015] Fig. 8 zeigt die Versorgung der Druck- und Unterdruckversorgung.

[0016] Fig. 9 zeigt eine mechanische Schwenkvorrichtung

[0017] Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch ein Rinnenmodul, das aus einer größeren Zahl von Linsen 3 und Photozellen 6 besteht. Die Rinnenschale 1 besteht aus einem Kunststoff und ist vorteilhafterweise durch Extrusion zusammen mit den Kammerwandungen 2 und 2' hergestellt. Die Rinnenschale 1 ist durch eine quadratische Fresnellinse 3 abgedeckt. Ins Wasser hinein ragen Nüpf 4, deren Wandung einem Kegelstumpf folgt. Im flachen Boden 5 des Napfes 4 ist die Photozelle 6 angeordnet. Die Teilung in Richtung der Längsachse des Rinnenmoduls ist durch die Länge der Fresnellinse 3, die gleich der Breite ist, bestimmt. Daraus ergibt sich auch der Abstand der Nüpf 4 voneinander. Die Kammerwandungen 2 und 2' schließen Kammern 8 und 8' ein, die durch die blasenartig dargestellten Wandbereiche in Hohlräume von der Länge der Fresnellinse 3 unterteilt sind. Das Rinnenmodul taucht in die Wasserschicht ein, deren Oberfläche 9 von einer dünnen Schicht einer hochsiedenden, hydrophoben Flüssigkeit bedeckt ist. Die Verlustwärme wird von der warmen Oberfläche durch Wasserkonvektion fortgetragen. Da die erwärmte Konvektionsströmung nur aufwärts fließt, ist es notwendig, dass dieser Oberflächenbereich bis in eine Schicht eintaucht, die tief genug unter der Wasseroberfläche (9) liegt, um eine Konvektionsströmung zu ermöglichen. Der vertikale Abstand dieser Schicht von der Wasseroberfläche (9) hängt von der Größe des Wärmestromes ab, die wiederum eine Funktion des Schwenkwinkels des Rinnenmoduls ist und bei dem größten Schwenkwinkel den kleinsten Wert aufweist, während der Maximalwert bei horizontal liegender Fresnellinse (3) erreicht wird. Zur Vermeidung gefährlicher Strahlungskonzentration auf der Photozelle 6 gelangen die Strahlen 7 des Strahlenbündels der konzentrische Prismen enthaltenden Fresnellinse auf einen Sammler 10 aus Glas, dessen Unterseite mit der Photozelle 6 verklebt ist.

[0018] Fig. 2a zeigt eine Draufsicht mit abgenommener Linse 3 auf eine Einheit eines Rinnenmoduls mit den Wandungen 1'. An der Endwandung 1' ist ein Stutzen 12 befestigt, der sich nahe dem Schwerpunkt des schwimmenden Rinnenmoduls befindet. Dieser Stutzen 12 ist in einem Lagerpunkt auf der Traverse 13, durch die die Rinnenmodule auf konstantem Abstand gehalten werden, drehbar gelagert. Die Traverse 13 ist als Luftverteilerrohr ausgebildet. Im Zentrum ist der Napf 4 aus metallischem Werkstoff sowie die Photozelle 6 sichtbar. In den Wandungen der teilweise mit Ballastwasser gefüllten Kammern 8, 8' von durch Gewichtverschiebung geschwenkten Rinnenmodulen sind zwei Bohrungen 14 und 15 angebracht, von denen die erste Bohrung 15 über einen Gummischlauch die Kammer 8 mit der gegenüberliegenden Kammer 8' verbindet, während die zweite Bohrung 14 mit einem Schlauch kommuniziert, der mit dem Luftverteilerrohr kommuniziert, durch den Luft gefördert wird, die in Abhängigkeit vom angestrebten Schwenkwinkel des Rinnenmoduls unter definiertem, geringem Überdruck Wasser von der Kammer 8 in die Kammer 8' fördert oder durch Unterdruck Ballastwasser in die Kammer 8 zurücksaugt. In axialer Richtung sind zwischen zwei benachbarten Kammern Absperrwandungen 34 angeordnet.

[0019] Fig. 2b und 2c. Durch die Druckhöhe, welche Ballastwasser von der Kammer 8 in die Kammer 8' fördert, wird die von der Sonnenhöhe geforderte Schräglage der einzelnen Rinnenmodule eingestellt. Danach tritt eine Feineinstellungsrichtung in Funktion, die in Fig. 2b in einem Vertikalschnitt durch ein in der Mitte jedes Rinnenmoduls mit z. B. zehn Konzentratoren liegendes Segment gezeigt ist. In diesem Segment von nur geringer axialer Länge befindet sich ein Gewicht 50, das durch eine Gewindespindel 51 bis zur Endposition 52 verschieblich ist. Die Spindel 51 wird

Photozellen 55, 56 (Fig. 2c) gespeist, die unterhalb und oberhalb der Photozellen 6 in den benachbarten Näpfen 4 angeordnet sind. Ist ein Rinnenmodul nicht weit genug geschwenkt, um rechtwinklig zur tiefstehenden Sonne zu liegen, so werden die Zellen 56 bestrahlt und der Getriebemotor 54 verschiebt das Gewicht 50 zur Fresnellinse 3 hin, bis der Fokus der Fresnellinse 3 voll auf die Photozelle 6 gelangt. Sollte dagegen die Verschiebung des Ballastwassers das Rinnenmodul zu weit geschwenkt haben, so gelangt der Fokus auf die Zelle 55. Diese bewirkt eine entgegengesetzte Drehrichtung des Getriebemotors 54 und damit eine Verschiebung des Gewichts 50 in die entgegengesetzte Richtung bis der Fokus wieder voll auf die Photozelle 6 beziehungsweise den Glaskörper 59 gewandert ist.

[0020] Fig. 3a zeigt schematisiert zwei hintereinanderliegende Rinnenmodule, die zwischen sich einen nur wenige Millimeter breiten Spalt 17 einschließen und die in die Wasseroberfläche 9 eintauchen. Die Figur zeigt, dass etwa 99% der Bestrahlung durch die Fresnellinse eintritt, was annähernd auch für die Gesamtfläche der Plattform gilt.

[0021] Fig. 3b zeigt die gleichen Rinnenmodule, deren optische Achse 16 einen Winkel von 60° mit der Horizontalen einschließt.

[0022] Fig. 3c zeigt die gleichen Rinnenmodule, wobei die optische Achse 16 mit der Horizontalen einen Winkel von ca. 25° einschließt. Die Figur zeigt, dass bei dieser Schräglage der Abstand 17' zwischen den benachbarten Rinnenmodulen den größten Wert annimmt. Deshalb wird außerhalb der Sonnenstunden diese Schräglage gewählt, damit der Wind vor allem während der Nachtstunden die von der Wasserschicht gespeicherte Verlustwärme der Photozellen 6 fortträgt. Die Rinnenmodule werden zur Wasserabkühlung in die Windrichtung geschwenkt.

[0023] Erkennbar ist, dass in allen Schräglagen der Napfboden 5 in der Wasserschicht bleibt und dass jederzeit eine Konvektionsströmung längs des Bodens 5 und der konischen Wandung des Napfes 4 entstehen kann. Im Bereich des Abstandes 17' kann der Wind die Wasseroberfläche 9 erreichen und die am Tage gespeicherte Verlustwärme abführen. Die Näpfe 4 bilden dabei kein Hindernis.

[0024] Fig. 4 zeigt eine andersartige Ausbildung der Schale der Rinne 1'. In der Schale ist ein Gewicht 18 zur Sicherung der Eintauchtiefe und als Gegengewicht zu dem nach rechts ragenden Bereich der Rinnenschale angeordnet. Die Photozelle 6 verbleibt in allen Schräglagen unter der Wasseroberfläche 9.

[0025] Fig. 5 zeigt eine Vorrichtung zur Photozellenkühlung mittels Wärmerohr 19. Die Strahlen 7' bilden hier ein symmetrisches Strahlenbündel. Die Photozelle 6" ist gut wärmeleitend mit einem Wärmerohr 19 verbunden. Das Wärmerohr 19 ragt in die Wasserschicht 20.

[0026] Fig. 6 zeigt den Querschnitt durch das gleiche Rinnenmodul in eine Lage für die Sonnenelevation von 25° verschwenkt. Das Wärmerohr 19 ist so lang, dass dessen Endbereich auch in dieser Extremlage in die Wasseroberfläche 9 eintaucht.

[0027] Fig. 7 zeigt die zu einer Plattform zusammengefassten Rinnenmodule, die von einem Rohr 44 umgeben sind. Rechtwinklig zu den Achsen der Rinnenmodule verlaufen Traversen 13. Die Rinnenmodule, deren Achsstummel 12 nicht in einer Traverse 13 enden, sind in Vorsprüngen 45 des Rohres 44 gelagert.

[0028] Fig. 8 zeigt zwei Rinnenmodule, die durch als Aufleitung ausgebildete Traversen 13' auf Distanz gehalten werden. Das Gebläse 35 mit dem Rückschlagventil 39 ist über die Traverse 13' und die Schlauchleitungen 14 mit den Kammern 8 verbunden. Das Gebläse 35 fördert Luft in die

gende Kammer 8' gefördert wird. Mit der gleichen gegenüberliegenden Kammer 8" gefördert wird. Mit der gleichen Traverse 13' ist auch das Sauggebläse 36 mit dem Rückschlagventil 40 verbunden. Wird dieses Sauggebläse betätigt, so strömt das Ballastwasser der Kammer 8' in die Kammer 8 zurück. Beide Enden der Traverse 13' sind am Rohr 44 befestigt.

[0029] Fig. 9 zeigt die Anordnung der Steuerelemente auf einer Plattform, deren Rinnenmodule mechanisch geschwenkt werden. Dazu dient das Stahlseil 47, das mit dem Angriffspunkt 32 jedes Rinnenmoduls verbunden ist und dessen Ende über die Zugfeder 33 mit dem Rohr 44 verbunden ist. Am Seilanzug ziehen am Rohr 44 befestigte Linearmotoren das Stahlseil 47. Die Bewegung in entgegengesetzter Richtung vollführt die Zugfeder. Die Distanzhaltung zwischen hintereinander liegenden Rinnenmodulen übernimmt das Stahlseil 46, an dem Lagerbuchsen 48 befestigt sind.

#### Patentansprüche

1. Photovoltaischer Solargenerator, der aus einer Vielzahl von Konzentratoren mit Photozellen besteht, die in an sich bekannter Weise zu einer kreisförmigen Plattform zusammengefasst sind, die von einer Wasserschicht getragen wird und mit der Winkelgeschwindigkeit des Sonnenazimuts um die Hochachse geschwenkt wird, wobei die Konzentratoren als langgestreckte Rinnen (1) ausgebildet sind, die durch Fresnellinsen (3) abgedeckt sind in deren Brennpunktbereichen die Photozellen (8) liegen und dass die Rinnen (1) zur Ausrichtung der Fresnellinsen (3) auf die jeweilige Sonnenelevation um eine gedachte horizontale geometrische Achse verschwenkbar angeordnet sind, wobei die Verlustwärme der Photozellen (6) bei jedem betriebsmäßigen Schwenkwinkel der Rinnen (1) zur Ausrichtung der Fresnellinsen (3) auf die jeweilige Sonnenelevation in eine unter der Oberfläche der Wasserschicht (20) liegende Schicht geleitet wird.

2. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Photozelle (6') auf der Innenseite einer metallischen Wandung (1') der Rinne (1) an einer Stelle installiert ist, deren Außenseite bei jedem betriebsmäßig vorkommenden Schwenkwinkel in die unter der Oberfläche (9') der Wasserschicht liegende Schicht eintaucht.

3. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Rinnen (1) aus organischem Werkstoff bestehen und für die Photozellen (6) Bereiche (5, 1') aufweisen, die aus Metall (4) bestehen.

4. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Photozelle (6) in einem metallischen Napf (4) montiert ist, dessen Umfangsbereich zum Rinnenwerkstoff gedichtet ist, dessen Boden (5) betriebsmäßig stets in die unter der Wasseroberfläche liegende Schicht hineinragt.

5. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Napf (4) die Form eines Kegelstumpfes aufweist.

6. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Photozelle (6") mit einem Wärmerohr (19) gut wärmeleitend verbunden ist, welches seinerseits mit der unter der Wasseroberfläche (9) liegenden Schicht direkten thermischen Kontakt hat.

7. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 6,

seite der Rinne, der mit dem Wärmerohr (19) verbunden ist, stets wenigstens teilweise in die Schicht unterhalb der Wasseroberfläche (9) liegende Wasserschicht (20) eintaucht.

8. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Photozelle mit einem Wärmerohr (19) gut wärmeleitend verbunden ist, welches die Rinnenwandung durchdringt und so angeordnet und ausgebildet ist, dass mindestens der Endbereich des Wärmerohres (19) stets in die unterhalb der Oberfläche (9) der Wasserschicht (20) liegende Schicht eintaucht.

9. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fresnellinse (3) einen Fokus erzeugt, der in einem radialen Abstand von der vom Zentrum der Fresnellinse (3) ausgehenden Normalen (16) auf die Photozelle (6) auftrifft.

10. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Glaskörper (10) auf die Photozelle (6) aufgeklebt ist, dessen der Fresnellinse zugewandte Oberfläche in einem Abstand von der Fresnellinse (3) angeordnet ist, der um wenige Prozent der Brennweite größer oder kleiner ist als die Brennweite.

11. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich an den Stirnwänden (1') der langgestreckten Rinnenmodule Achsstummel (12) befinden, die in Lagerbereiche von rechtwinklig zur Rinnenachse verlaufenden Traversen (13) hineinragen.

12. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich an den Stirnwänden (1') der langgestreckten Rinnenmodule Achsstummel (12) befinden, die in Lagerbereiche (48) ragen, die an einem Seil (46) befestigt sind, wodurch die hintereinander liegenden Rinnenmodule auf einem vorgegebenen Abstand voneinander gehalten werden.

13. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur synchronen Schwenkung der Rinnen (1) um deren horizontal verlaufende Achsen Seile (47) an exzentrisch zur Schwenkachse liegenden Angriffspunkten (32) hintereinander liegender Rinnenmodule befestigt sind.

14. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass zur Schwenkung der Rinnenmodule an einem Ende der Seile (47) eine Zugkraft angreift und dass die Rückschwenkung durch die Kraft einer Zugfeder (44) erfolgt.

15. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse der Rinnen (1) aus einer Schale mit annähernd halbkreisförmigem Querschnitt besteht, die durch Fresnellinsen (3) abgedeckt ist.

16. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb der Rinne (1) Gewichte (18) angeordnet sind.

17. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass im Innern der Rinne (1) Kammern (8, 8') angeordnet sind, die teilweise mit Wasser gefüllt sind.

18. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass zwei an einander gegenüberliegenden Wandungen angeordnete Kammern (8, 8') über eine Leitung miteinander kommunizieren.

19. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammern (8, 8') mit einer Luftdruck erzeugenden Vorrichtung (35, 39)

20. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die wasserführenden Kammern (8, 8') eines Rinnenmoduls mehrere in Rotationsebenen der Achse liegende Trennwände (34) aufweisen.

21. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die die Luftförderung bewirkende Vorrichtung aus zwei Gebläsen (35, 36) besteht, die durch drehzahlregelbare Elektromotoren angetrieben werden, wobei das erste Gebläse (35) Druckluft erzeugt und über ein Rückschlagventil (39) mit den luftführenden Leitungen verbunden ist und von denen das zweite Gebläse (36) über ein entgegengesetzt schließendes Rückschlagventil (40) Unterdruck in der Luftleitung erzeugt.

22. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die betriebsmäßige Schwenkung der Rinnenmodule um deren Längsachse durch Verschiebung eines Teiles des Wasserinhaltes von einer Kammer (8) in die andere Kammer (8') bewirkt wird.

23. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung der Schwenkung der Rinnenmodule durch Änderung der Drehzahl der Elektromotoren erfolgt.

24. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Traversen (13) als Röhren für die die Schräglage steuernde Luft ausgebildet sind.

25. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Achse der nebeneinanderliegenden Rinnen (1) während der Sonnenscheinzeiten rechtwinklig zur vertikalen Projektion der Sonnenstrahlen um die Hochachse geschwenkt wird und während der verbleibenden Zeit parallel zur jeweiligen Windrichtung geschwenkt wird.

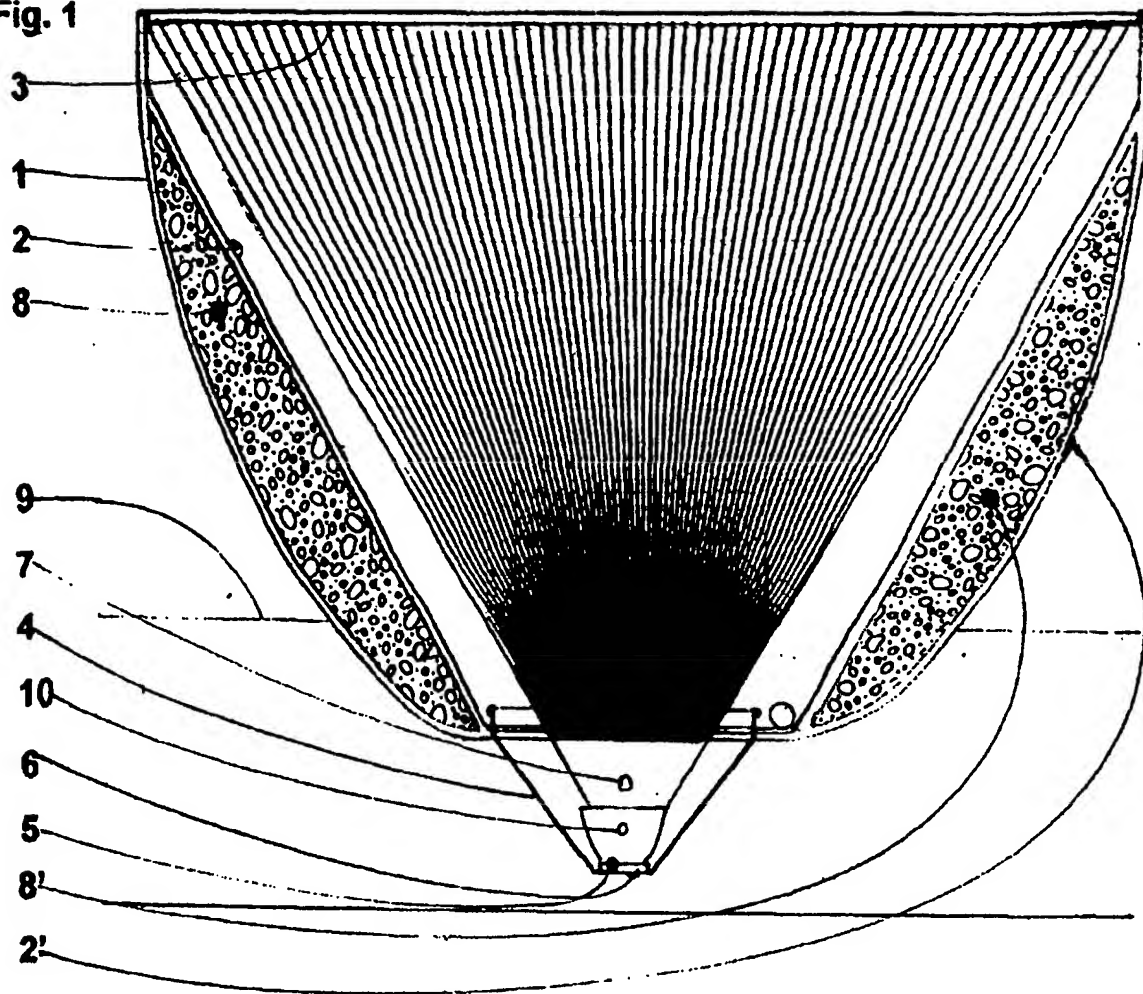
26. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche der Wasserschicht (9) von einer dünnen Schicht hochsiedender Flüssigkeit bedeckt ist, deren spezifisches Gewicht unter dem des Wassers liegt.

27. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass zur Feinregelung der Richtung der Normalen 16 auf die Sonneweisend ein mechanisch verschiebbar angeordnetes Gewicht (50) vorgesehen ist, welches zwischen der Fresnellinse (3) und dem Bodenbereich (58) verschoben werden kann.

28. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschiebung des Gewichtes (50) in beide Richtungen durch einen Elektromotor (54) erfolgt.

29. Photovoltaischer Solargenerator nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Speisung des Elektromotors (54) durch bestrahlungsgesteuerte Halbleiterelemente (55, 56) erfolgt, die in der Rotationsebene (59) vor und hinter der Photozelle (6) liegen, wobei eine Bestrahlung des Halbleiterelementes (56) eine Verschiebung des Gewichtes (50) in Richtung zur Fresnellinse hin und eine Bestrahlung des Halbleiterelementes (55) eine Verschiebung des Gewichtes (50) in entgegengesetzter Richtung bewirkt.

**Fig. 1**



**Fig. 2a**

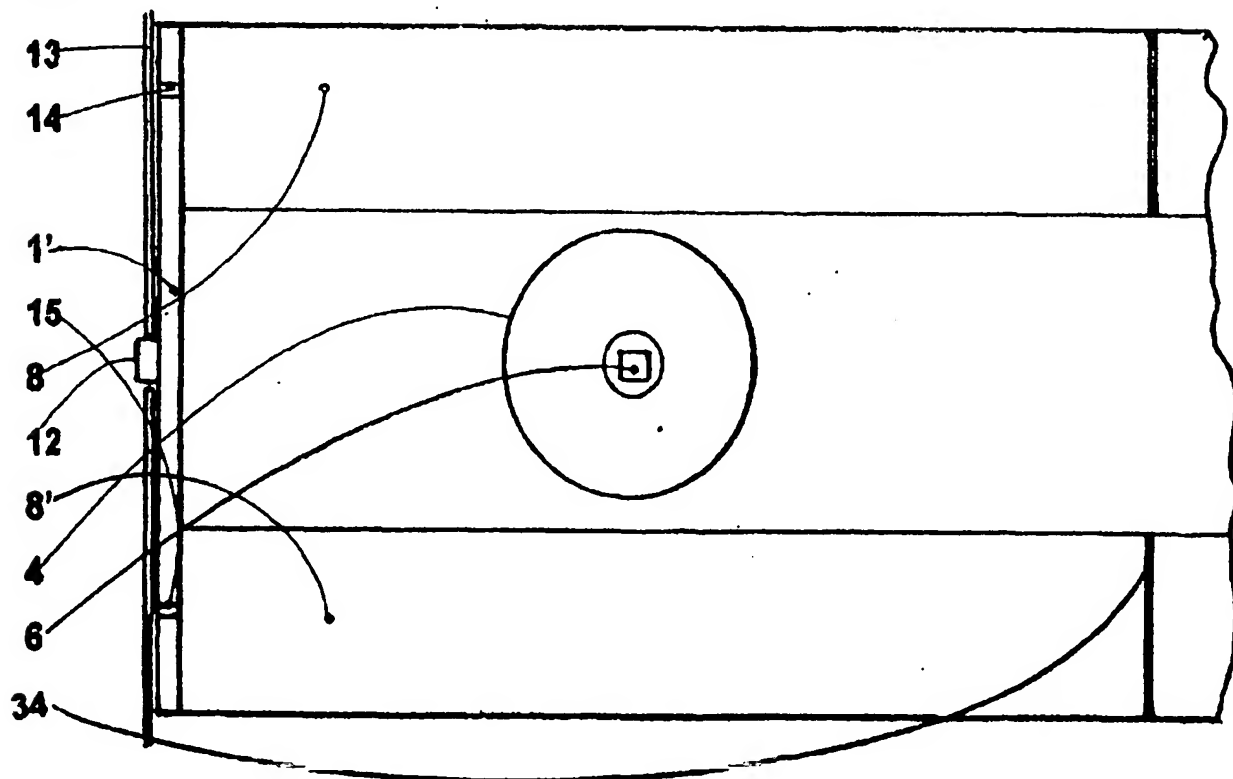


Fig. 4

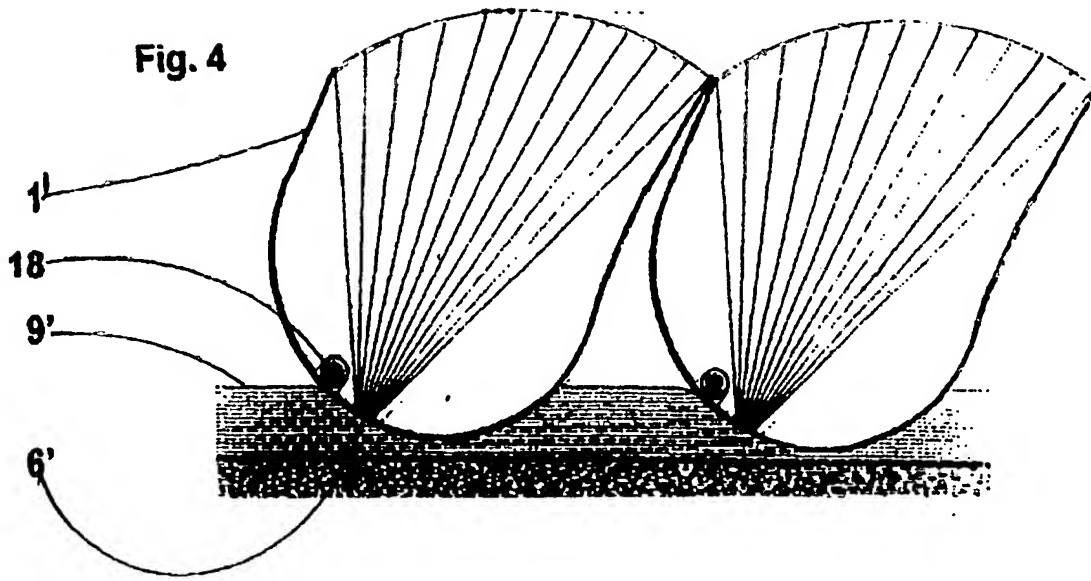


Fig. 5

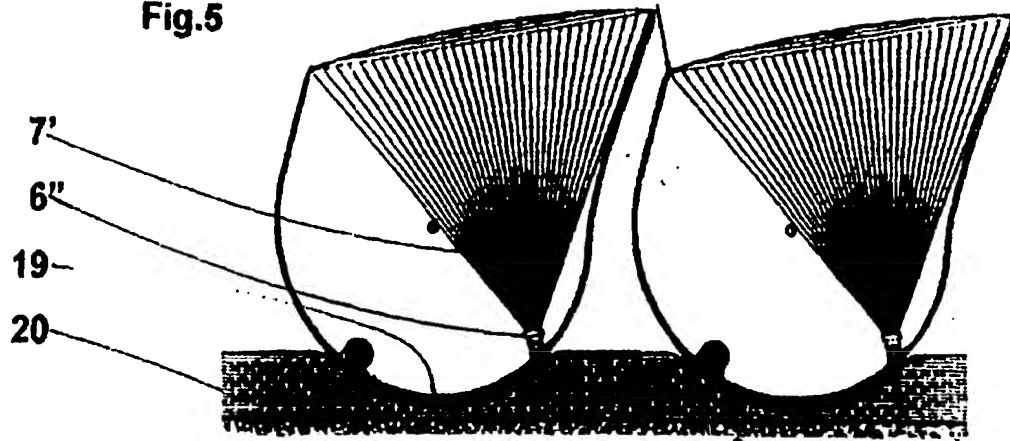
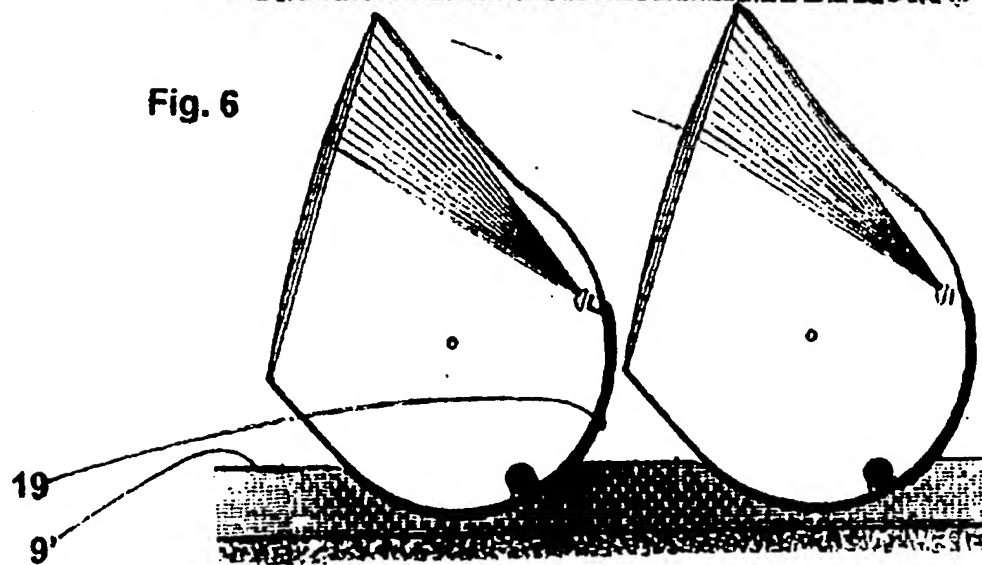


Fig. 6



BEST AVAILABLE COPY

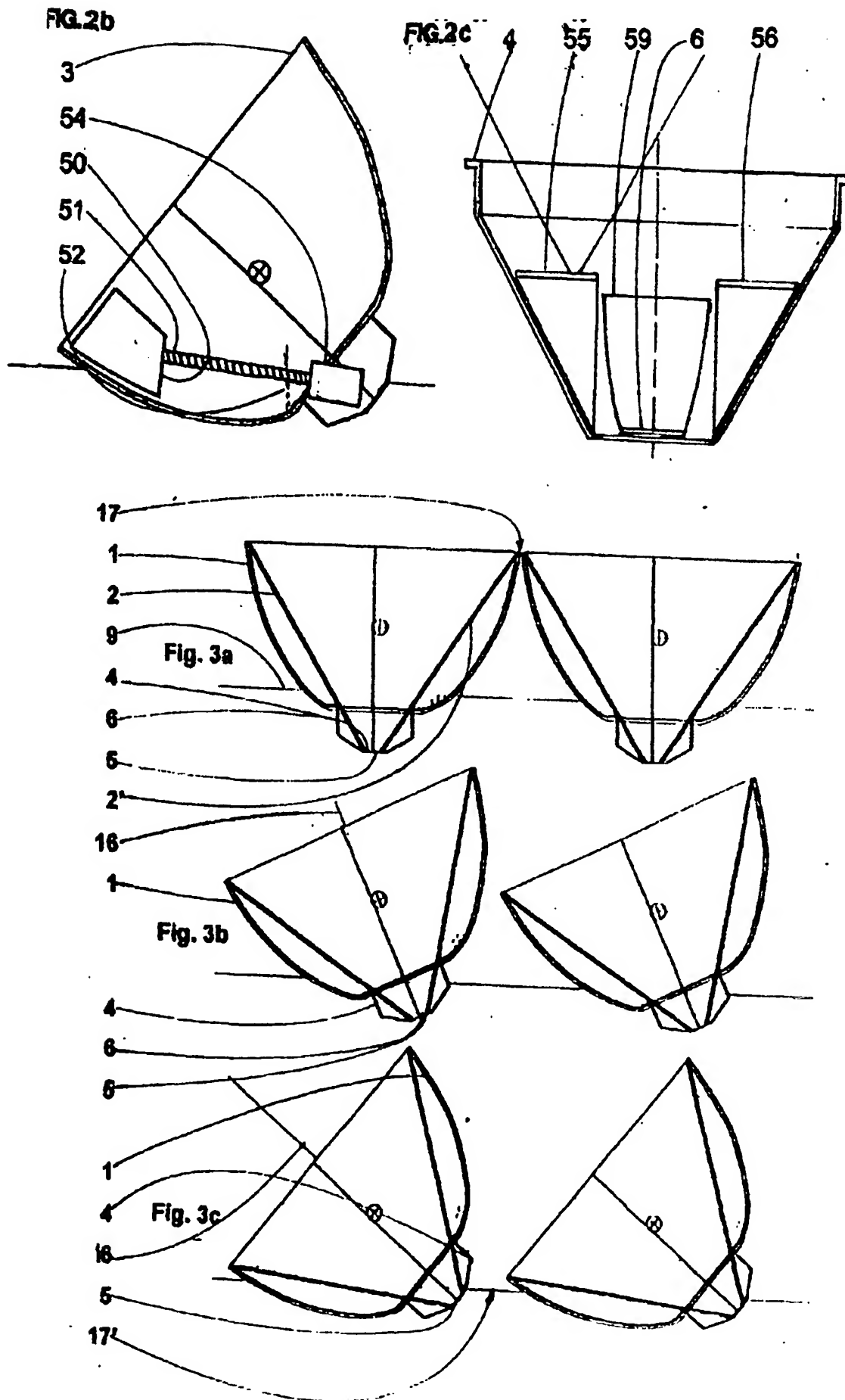




Fig. 7

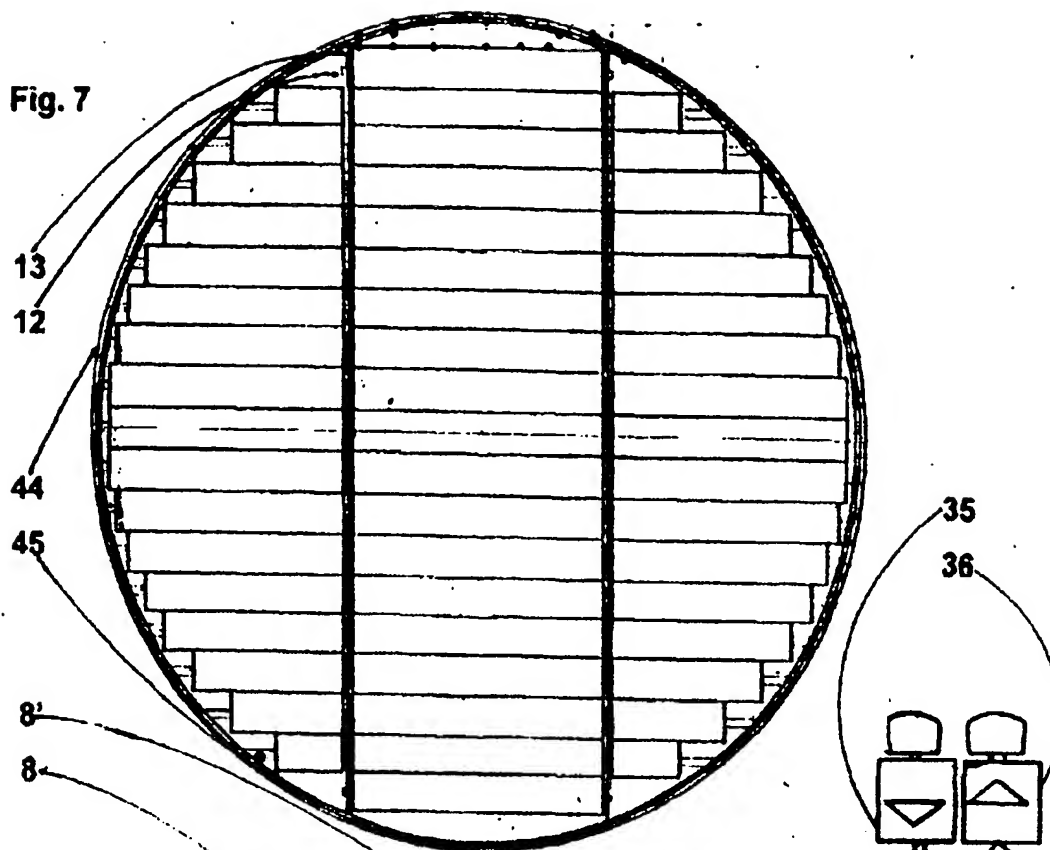


Fig. 8

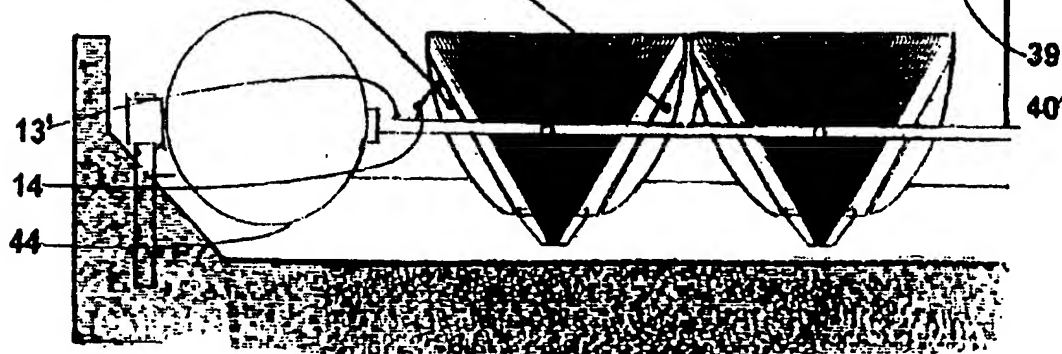
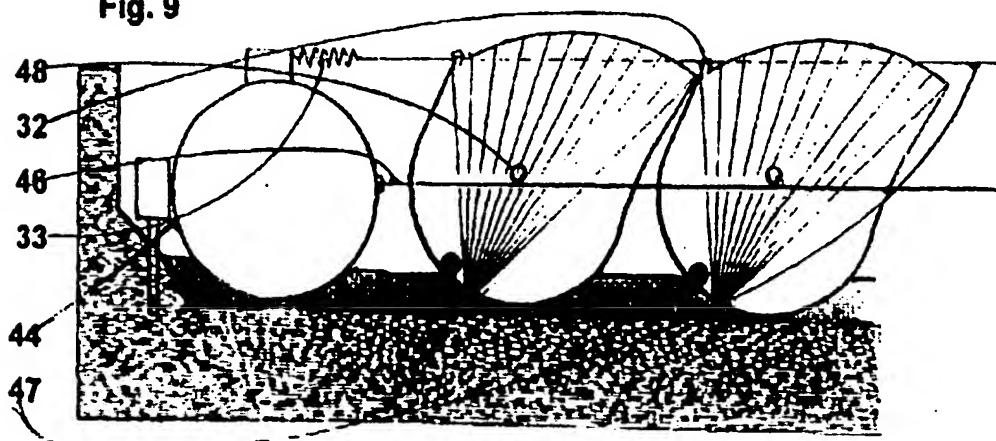


Fig. 9



BEST AVAILABLE COPY